



TITLE:

頸椎・頸髄疾患における選択的脊髄動脈撮影に関する研究：特に頸部脊椎骨軟骨症(脊髄中症)を心として

AUTHOR(S):

礒部, 輝雄

CITATION:

礒部, 輝雄. 頸椎・頸髄疾患における選択的脊髄動脈撮影に関する研究：特に頸部脊椎骨軟骨症(脊髄中症)を心として. 日本外科宝函 1980, 49(4): 418-435

ISSUE DATE:

1980-07-01

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/208456>

RIGHT:

頸椎・頸髄疾患における選択的脊髄動脈 撮影に関する研究

—特に頸部脊椎骨軟骨症(脊髄中症)を心として—

山口大学医学部整形外科教室(指導:服部 奨教授)

磯 部 輝 雄

[原稿受付:昭和55年4月28日]

Selective Spinal Angiographic Study on Disorders of Cervical Spine and Cervical Cord —With Special Reference to Myelopathy of Cervical Osteochondrosis—

TERUO ISOBE

Department of Orthopaedic Surgery, Yamaguchi University School of Medicine,
(Director : Prof. Dr. SUSUMU HATTORI)

The purpose of this paper is to elucidate hemodynamics of the cervical cord in myelopathy of cervical osteochondrosis (spondylosis) by means of selective spinal angiography of the cervical cord using Seldinger's method.

Abnormal findings of the angiograms in myelopathy of cervical osteochondrosis were narrowing, Kinking and/or interruption of the anterior radicular artery at the level of intervertebral foramen and rarefaction, narrowing and/or interruption of the anterior spinal artery at the level of lesion.

It is suggested that the angiogram is useful to find the level of lesion and to assume the extent of vascular disturbance in the cervical cord.

When good opacification of the spinal artery is obtained after surgery, better results tend to be obtained. On the other hand, the cases in which the artery is faintly visible or not visible after surgery can not be expected to have good results.

Since characteristic findings of the angiography is obtained in other cervical

Key words: Selective angiography of the cervical spinal cord, Cervical osteochondrosis (myelopathy), Disorders of the cervical spine and cervical cord, Anterior radicular artery, Anterior spinal artery.

索引語: 選択的頸髄動脈撮影, 頸部脊椎骨軟骨症(脊髄症), 頸椎・頸髄疾患, 前根動脈, 前脊髄動脈.

Present Address: Department of Orthopaedic Surgery, Ube Industries Central Hospital, Ube, Yamaguchi, 755-01, Japan.

disorders such as disc herniation, spinal cord tumor, and Arnold-Chiari malformation, angiography is useful to differentiate disorders around cervical cord.

要 旨

頸部脊椎骨軟骨症（脊髄症）における頸椎椎間板の退行性変性を基盤として生じた頸椎症性変化が頸髄の血行動態に与える影響を研究する目的で、頸椎・頸髄疾患に連続撮影を用いた選択的脊髄動脈撮影を施行し、頸髄動脈像（前根動脈・前脊髄動脈）の形態異常、経時的血行動態等から脊柱管内の障害病変部位、頸髄血行障害の拡がりを検索した。特に頸部脊椎骨軟骨症（脊髄症）の頸髄動脈像と臨床所見、術後成績等との関係を比較、検討し、本撮影法から病変椎間高位、重症度等の診断的意義、手術部位の決定、予後判定等を追求した。

本症の頸髄動脈像の異常所見として、①前根動脈の椎間孔内での途絶、狭小、蛇行像等、②前脊髄動脈の病変椎間に一致しての途絶、狭小、圧迫迂回像等を認めた。これらの異常所見は病変椎間高位と頸髄血行障害の拡がりを示唆し、術前の頸髄動脈像と術後の回復性は相関関係を示し、術後の頸髄動脈像の改善傾向を認める症例は早期に臨床症状の改善を認めることを明らかにした。

I. 緒 言

頸椎・頸髄疾患の診断には、従来神経学的所見、単純X線、脊髄腔造影、椎間板造影、電気生理学的検査、脳脊髄液検査等が行われてきた。近年、脊椎・脊髄疾患の病態解明、診断に脊髄の血行動態の検索が注目され始め、諸家^{15,37,46}により脊髄の血管奇形の診断法として脊髄血管撮影が臨床的に第1診断法として評価され、有力なる成果をあげてきた。しかし、脊髄の血管系の variation, 脊髄動脈の細さ、手技的困難さから造影率が悪く、他の脊椎・脊髄疾患の診断に応用されにくかったが、Djindjian, Haudaut (1962年)⁷, Di Chiro (1964年)¹⁰の選択的脊髄血管撮影の研究により、脊髄の血管系のより詳細な検索が可能となり、しかもより正確、安全に行なわれるようになった^{8,11}。頸椎・頸髄疾患、特に頸部脊椎骨軟骨症（脊髄症）の血行障害の検索は病理学的、解剖学的には検討されているが^{16,17,28,29,46,48}、臨床的に脊髄動脈撮影から頸髄

動脈像についての検索は十分に解明されていない。その為に著者は頸椎・頸髄疾患、特に頸部脊椎骨軟骨症（脊髄症）の血行動態からの病態解明、診断に頸部の選択的脊髄動脈撮影を応用し、脊柱管内の圧迫因子が頸髄の根動脈・脊髄動脈に与える影響をX線学的、形態学的に追求し、その頸髄動脈像の造影所見について検討した。以下、著者の選択的頸髄動脈撮影の方法、頸部脊椎骨軟骨症の発症期間、脊髄腔造影、病変障害高位、手術成績等と頸髄動脈像との関係、術前・術後の頸髄動脈像を検討し、本症等の頸椎・頸髄疾患に対する本撮影法の臨床的、診断的意義についての研究を行った。

II. 研究 方 法

研究方法は Adamkiewicz¹, Kadyi²³, 宮地³³ ら、諸家^{25,26,36,44,51}の脊髄血管系の解剖に関する研究を参考にして行った。すなわち頸髄の動脈系血管分布は一般に中位・下位頸髄部では鎖骨下動脈の分枝である椎骨動脈、甲狀頸動脈からの上行頸動脈、肋頸動脈からの深頸動脈、最上肋間動脈から前後の根動脈を出し、前後の脊髄動脈へ流入し、上位頸髄部では椎骨動脈の脳底動脈起始部から前後の脊髄動脈へ流入する。これらの脊髄動脈系の解剖学的特徴を理解して選択的頸髄動脈撮影の研究を行った。

1. 方 法

検査前に全身状態、出血性素因、アレルギー体質、特にヨード過敏テストの有無を検査した。方法は

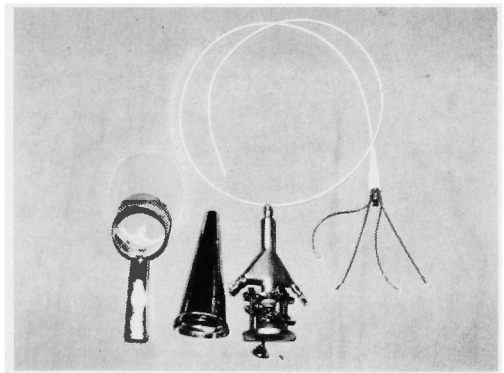


Fig. 1 Selector Catheter System

MEDI・TECH Selector Catheter System (Fig. 1) を使用し、右大腿動脈より Seldinger 法⁴⁰⁾に従い、MEDI・TECH Selector catheter を挿入し、その先端を左椎骨動脈起始部の左鎖骨下動脈内に固定する。その時に椎骨動脈、甲狀頸動脈、肋頸動脈の造影濃度を高めるためにX線照射直前に注入側の上腕部に血圧計のマンシェットを巻き、最高血圧以上に圧を維持して撮影する。次にカテーテルの先端を直接左椎骨動脈内に挿入し、必要に応じて選択的に左甲狀頸動脈、肋頸動脈内にもカテーテルを挿入して撮影する。この時カテーテル操作は血管内膜の損傷防止のため愛護的に行う必要があり、選択的に撮影した後は直ちにカテーテルの先端を鎖骨下動脈内にもどすことが脊髄麻痺等の合併症防止に重要である。左側の造影が終了した後、カテーテルを大動脈弓、腕頭動脈を経由し右鎖骨下動脈の右椎骨動脈起始部に誘導し、左側と同様な手技で撮影を行う。造影剤は64.9%コンラキシンLを使用し、カテーテルの先端が椎骨動脈起始部の時は20cc、椎骨動脈内は15cc、甲狀頸動脈、肋頸動脈内は10cc使用し、注入方法全症例は手圧法で行った^{19,20)}。

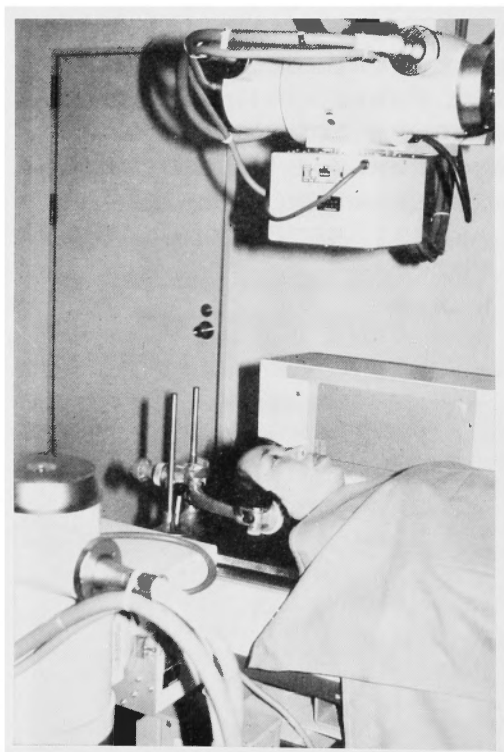


Fig. 2 Reclining table for angiography

2. 撮影装置、撮影方法

X線撮影は透視撮影、連続撮影付の東芝製 KXO-1000型X線発生装置を使用し、撮影条件は個々のX線管電圧、X線管電流、シャッタースピードの最高に鮮明なX線条件下をあらかじめ設定しておき、造影剤注入時、被射体のふれを防ぐ目的で頭部支持器を使用し、頸椎後屈位10°で撮影する (Fig. 2)。

撮影方法は前後面、側面を撮影するが必要に応じて開口位、機能撮影を行う。また頸椎は棘突起、椎弓、椎体のX線吸収率が異なるために前後面の頸髄動脈像が不鮮明になる症例も認められ、そのため頸椎回旋位の撮影を追加することもある。連続撮影は秒間2枚で5秒間行う。撮影終了後、カテーテルを抜き、15～20分間穿刺部位を手圧迫を行い、止血を確認した後、圧迫包帯を行う。全身状態、穿刺部位の出血、血腫、足背動脈の拍動の有無等を観察して24時間安静を保持する^{26,27)}。

Ⅲ. 正常頸髄動脈像

当科に入院した頸性めまい、頸肩腕痛等の症状を訴えるも頸椎症性変化等を認めない成人の選択的頸髄動脈撮影による頸髄動脈像のうち20名(年齢23才～36才)は正常と思われる像を呈したのでこれを対照とした。

正常頸髄動脈像は一般には椎骨動脈、時には上行頸動脈、深頸動脈、最上肋間動脈などから前根動脈が分枝し、前根に沿って対応するレベルの椎間孔に沿って脊柱管に入り、脊髄の表面に達した後、前側面を頭側に向って上行しながら脊髄を横切り、ついで屈曲して下方に向い前正中裂溝に至って前脊髄動脈に流入する。前根動脈の分枝部はC₆、C₅、C₇、次いでC₃椎間孔に多く、下位頸椎部では1椎体、中位頸椎部では1/2椎体を上行し前脊髄動脈に流入する。頸髄表面に達した前根動脈はhair pin curveを描いて頸髄中央部で前脊髄動脈となり、下行枝と上行枝に別れて上下に吻合してC₃からC₇レベルの頸髄に分布する (Fig. 3)。一方、椎骨動脈の脳底動脈の起始部から出る前脊髄動脈はvariationが多く、頸椎症の病変高位外のC₁からC₂レベルの上位頸髄部のみが血行支配領域と考えられ^{33,35)}、しかも本撮影法では非常に造影像が細く、不鮮明なため今回上位頸髄動脈像についての検索は行っていない。側面像は前根動脈、前脊髄動脈とも明瞭に連続して造影される。特に前脊髄動脈は椎体後面と3～4mmの間隔をもって鮮明に造影され、椎間板、骨棘等の病変障害部と脊髄腹側との位置関係を把握する

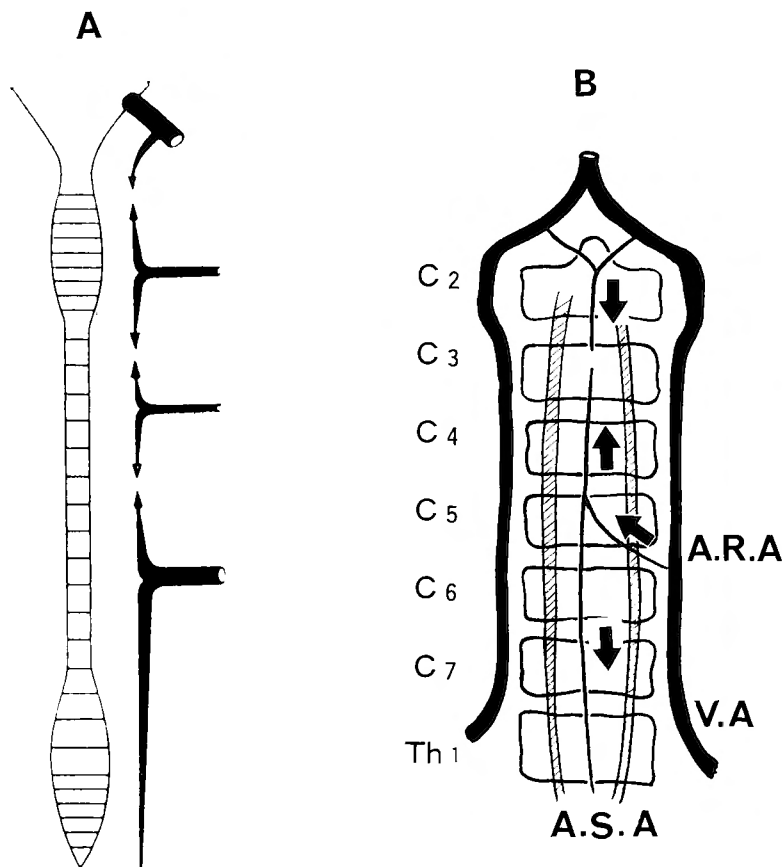


Fig. 3 A. direction of blood flow in the anterior spinal artery of the spinal cord
B. blood flow at the cervical region

に適している。一方、下位頸髄部が撮影困難な症例もみられるため、本撮影法による頸髄動脈像の読影は前後面、側面像を総合して検討した。

以上の正常頸髄動脈像を検討すると次の3型に大別出来る²⁷⁾ (Fig. 4)。

第Ⅰ型：偏側の椎骨動脈からの1本の前根動脈から前脊髄動脈の上行枝、下行枝の連続した像を示すもの (Fig. 5)。

第Ⅱ型：偏側の椎骨動脈からの2本の前根動脈から前脊髄動脈の上行枝、下行枝の連続した像を示すもの (Fig. 6)。

第Ⅲ型：両側の椎骨動脈からの前根動脈から前脊髄動脈の上行枝、下行枝の連続した像を示すもの (Fig. 7)。

前根動脈はほとんど椎骨動脈から分枝しているが、

時には上行頸動脈、深頸動脈から前根動脈が分枝し、連続した前脊髄動脈が造影される症例も認める (Fig. 8)。著者は上記の分類を正常走行とし、加うるに前根動脈、前脊髄動脈の狭小、途絶、蛇行像を認めない症例を正常頸髄動脈像として、頸椎・頸髄疾患、特に頸部脊椎骨軟骨症 (脊髄症) の頸髄動脈像について検討した。

Ⅳ. 頸部脊椎骨軟骨症 (脊髄症) の 頸髄動脈像

1 研究対象

当教室に入院した頸部脊椎骨軟骨症 (脊髄症) 67例、頸部椎間板ヘルニア6例を主体とし、これに頸椎後縦靱帯骨化、頸髄腫瘍等の頸椎・頸髄疾患を加えた症例の頸髄動脈像について検討した。本症の年齢別分

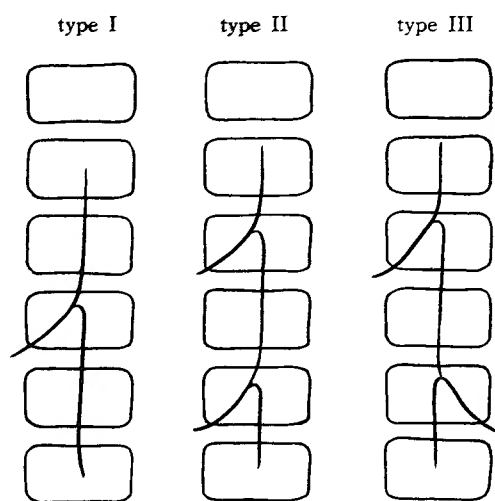


Fig. 4. Diagram of the vasculature of the spinal cord based on the angiographic studies. The schema shows normal three types of the anterior spinal artery and the radicular artery (in A-P view)

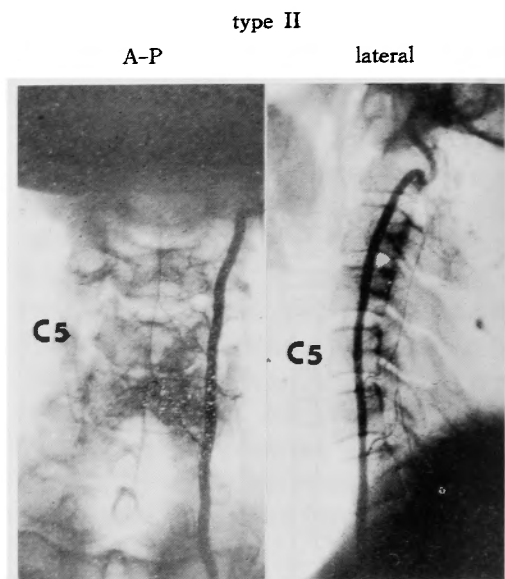


Fig. 6. Selective spinal angiogram (normal type II) (Ueda case)
Two radicular arteries arise from the left vertebral artery

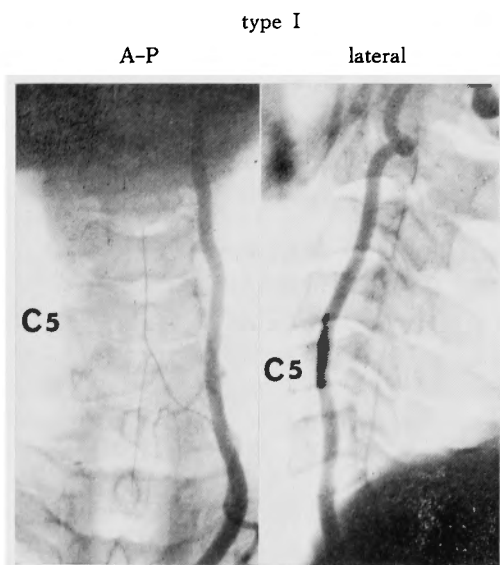


Fig. 5. Selective spinal angiogram (normal type I) (Kuroda case)
The spinal artery arises from one radicular artery which comes from the left vertebral artery.

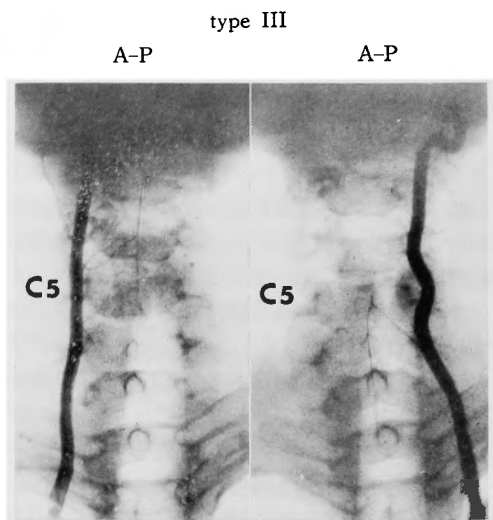


Fig. 7. Selective spinal angiogram (normal type III) (Kai case)
Bilateral radicular arteries which arise from bilateral vertebral arteries respectively supply the spinal artery

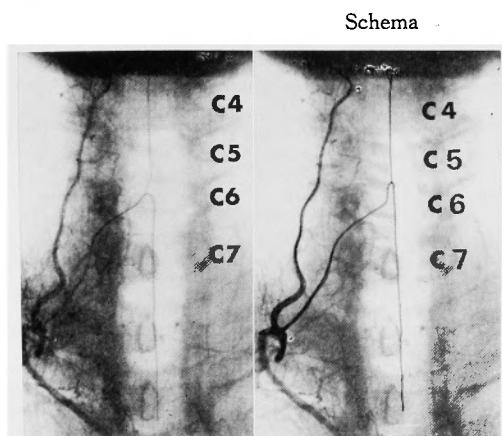


Fig. 8 The anterior radicular artery arising from the ascending cervical artery

(Hayashi case)

布は30才代5例, 40才代18例, 50才代26例, 60才代以上18例で50才代が最も多く, 平均年齢は54才である。手術施行例は全例で, 手術術式は Robinson 法, Cloward 法, 椎弓切除術, 椎体亜全摘術, 椎管拡大術であり, 術前・術後に選択的頸髄動脈撮影を施行した症例は38例である。

2. 研究成績

1) 頸髄動脈像

本症の椎骨動脈造影所見は諸家^{2,18,44)}の報告のように鉤椎結合部に変形性変化が強い症例は一般に鉤椎結合部で蛇行像を示すことが多く, 第5頸椎部における両側の椎骨動脈の内径はフィルム上の計測では最小径

2mm, 平均右側4.13mm, 左側 4.85mm で左側が大きく, 右椎骨動脈の細い時には左椎骨動脈が太い傾向にある²⁶⁾。

前根動脈の分布は対照例と同様に頸椎症性変化のある C₆, C₅ レベルの椎間孔部に多くみられ, 前根動脈の異常所見は椎間孔から硬膜内に入るところで, 欠損, 途絶, 狭小, 蛇行像として認められ, 椎間孔部の骨棘形成, 椎間板狭小例に異常像を認める傾向にある。前脊髄動脈像の異常所見は病変椎間以外での陰影欠損, 途絶, 狭小像と病変椎間に一致して, 細狭小化, 途絶, 圧迫迂回像として認められ, 病変高位レベルの椎体後縁, 骨棘等に近接する傾向にある²⁰⁾。

本症67例の頸髄動脈像は前根動脈と前脊髄動脈が造影された症例は42例 (63%), 前根動脈のみ造影されて前脊髄動脈が欠損する症例は16例 (24%), 前根動脈, 前脊髄動脈ともに欠損する症例は9例 (13%) に認める (Table 1)。

2) 頸髄動脈像と罹病期間

頸髄動脈像と発症から入院までの期間との関係は罹病期間が短い症例においては病変障害部以外において前根動脈, 前脊髄動脈とも良く造影され, 臨床症状が初発して長期間経過している症例ほど前根動脈, 前脊髄動脈が不鮮明, 欠損像を示す傾向にある。特に発症後2～3年以上経過し, 病変部が多椎間に及ぶ症例は頸髄動脈像の造影率は低下する (Table 2)。頸髄動脈像と臨床症状の程度は比較的有意の差を認めず, 脊髄症状の程度が強くても発症期間が短い症例にも病変障害部以外に鮮明な前脊髄動脈が造影される場合もあ

Table 1. Spinal angiograms on the disorders of the cervical spine and/or cord

(108 cases)

angiogram disorder	clear opacification of the anterior radi- cular and the an- terior spinal artery	clear anterior radi- cular, no anterior spinal artery	no anterior radicular, no anterior spinal artery	total (cases)
Cervical osteocondrosis	42	16	9	67
Cervical disc herniation	5	1	0	6
Ossification of the cervical posterior longitudinal ligament	8	4	6	18
Cervical cord tumor	4	1	0	5
Arnold-Chiari malformation	3	0	0	3

Table 2. Angiographic appearance and the duration of the history

angiogram duration	clear opacification of the anterior radicular and the anterior spinal artery (42 cases)	clear anterior radicular, no anterior spinal artery (16 cases)	no anterior radicular, no anterior spinal artery (9 cases)
less than 6M	15	1	
6M - 1Y	11	3	
1Y - 2Y	7	2	
2Y - 3Y	6	5	4
more than 3Y	3	5	5
	21%	63%	100%

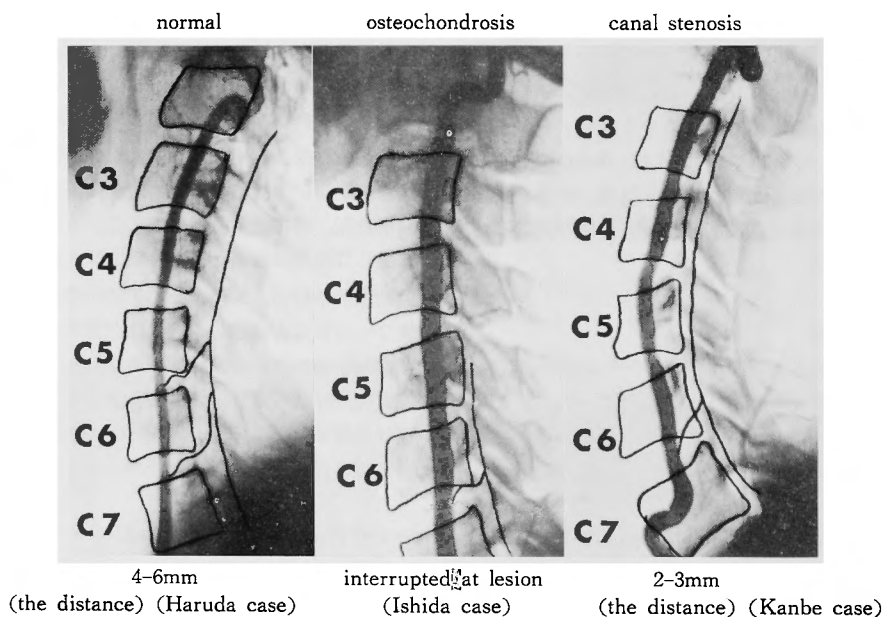


Fig. 9 Distance between the anterior spinal artery and the vertebral body (schema)

る²⁰⁾.

3) 頸髓動脈像と椎体後縁との距離

前脊髄動脈像が椎体後縁と脊髄腹側との位置関係を表す為に対照例と本症との前脊髄動脈像と椎体後縁間の距離を計測すると対照例は C₅ 椎体部を最小距離 (フィルム計測上 4~6mm) として頭側、尾側に行くに従い、次第にやや広くなる。一方本症での前脊髄動脈像は対照例の各椎体レベルの距離と比較して、病変椎間、椎体後縁の骨棘形成近位部で椎体後縁に近接す

る傾向があり、特に頸部脊椎管狭小例は若年者でも全体的に前脊髄動脈は椎体後縁に近接しており、軽度の椎間板突出、骨棘等の頸椎症性変化により頸髄が容易に障害をうけ易いと推測される²⁰⁾ (Fig. 9)。

4) 頸髄動脈像とミエログラム

頸髄動脈像はミエロ所見の陽性椎間、障害程度と一致して異常像を認め、当教室の分類¹⁴⁾による比較的陰影欠損の少ない中心部欠損型を呈す椎間レベルの前脊髄動脈は中心部に一致して希薄化、不鮮明像を呈す

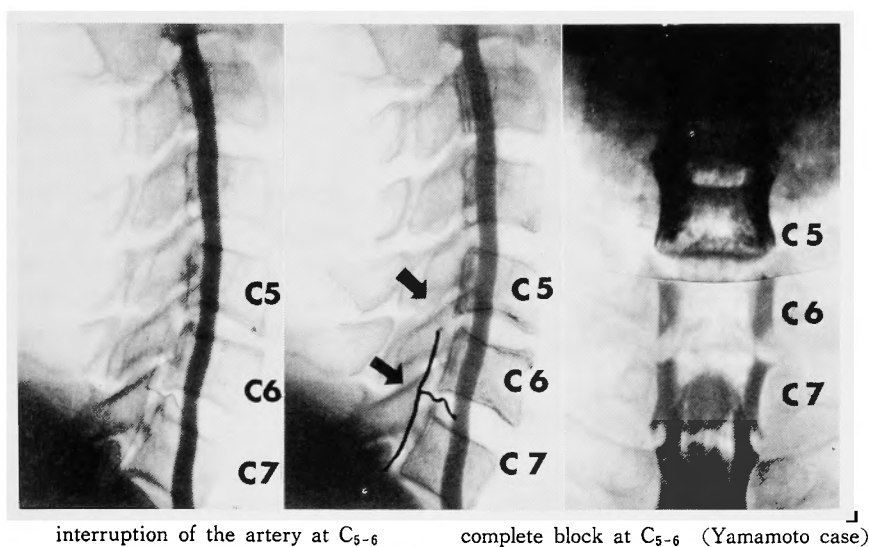
interruption of the artery at C₅₋₆complete block at C₅₋₆ (Yamamoto case)

Fig. 10 Angiogram and Myelogram (before operation)

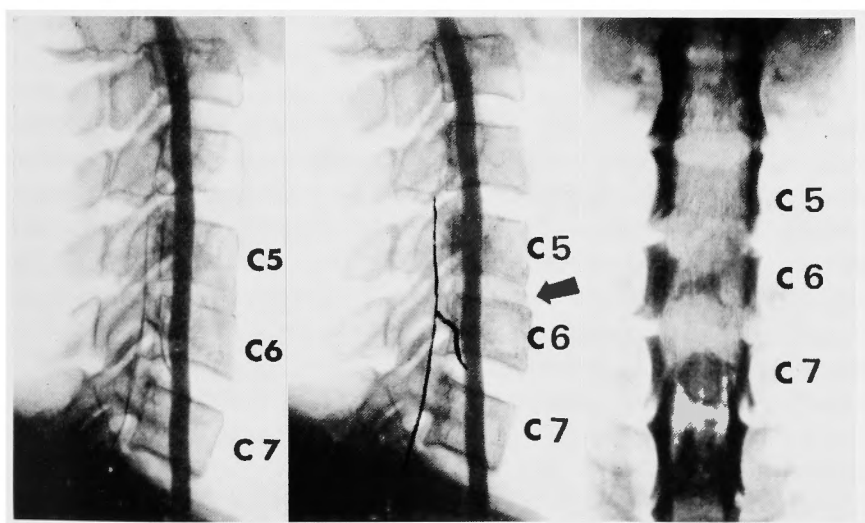
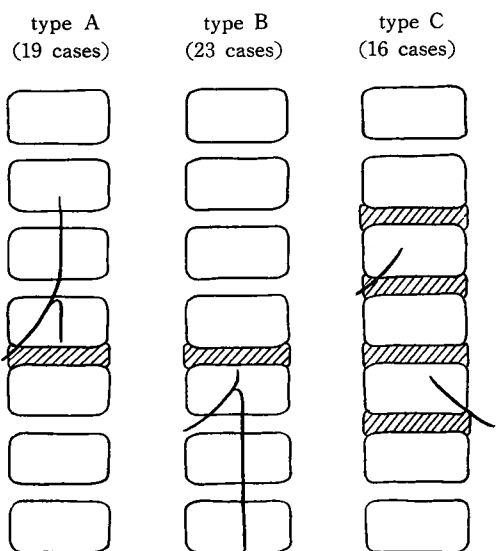
clearly visible at C₅₋₆no block at C₅₋₆ (Yamamoto case)

Fig. 11 Angiogram and myelogram (after operation)

る。陰影欠損の強い不完全停止，完全停止型の1～2椎間ブロック例の前脊髄動脈はブロック椎間近位，または椎間に一致して途絶，狭小像を認め，3椎間以上ブロック例は前根動脈が造影されても前脊髄動脈は造影所見を呈しにくい傾向にある。Fig. 10は術前のミエログラムでC₅₋₆の完全停止型，C₆₋₇の中心部欠損型の陰影欠損を示す症例で，その頸髄動脈像はC₆₋₇

から蛇行した前根動脈が造影され，C₆₋₇レベルには前脊髄動脈の上行枝が希薄化，不鮮明に造影されるが，C₅₋₆レベルでは前脊髄動脈の上行枝は途絶像を示す。この症例の術後のミエログラムは通過障害がなくなり，頸髄動脈像は前根動脈の蛇行像の消失とともに，C₅₋₆，C₆₋₇レベルに鮮明化した前脊髄動脈像を認め，C₅₋₆レベルの途絶像の改善を認める²⁰⁾(Fig. 11)。



Interruption or rarefaction of the spinal artery at the level of lesion

Fig. 12 Diagram of the radiculo-medullary artery in cervical osteochondrotic myelopathy

5) 頸髄動脈像と障害高位

神経学的所見, ミエロ等から推測される障害高位と頸髄動脈の異常像とを比較検討すると障害高位で前脊髄動脈の途絶, 狭小, 圧迫迂回等が認められ, 本症の頸髄動脈像と障害高位との関係は以下のように分類することが出来る (Fig. 12).

A型: 病変部または病変部より上位の椎間から前根動脈が造影されて, 前脊髄動脈の下行枝が途絶像と希薄化像などを示す例で, 前脊髄動脈の途絶像などを認めた椎間レベル以下が臨床所見の障害高位と一致し, 障害高位の尾側に頸髄血行障害が及んでいると推測される。

B型: 病変部より下位の椎間から前根動脈が造影されて, 前脊髄動脈の上行枝が途絶像と希薄化像などを示す例で, 前脊髄動脈の途絶像などを認めた椎間レベルより上位が臨床所見からの障害高位と一致し, 障害高位より頭側に頸髄血行障害が及んでいると推測される。

C型: 前根動脈のみ造影されて, 前脊髄動脈が造影されない例で, 頸髄全体に頸髄血行障害が及んでいると推測される。

本症の頸髄動脈像のA型は19例 (28%), B型は23例 (34%), C型は16例 (24%) に認め, A型, B型は病

変障害レベルが1~2椎間例に多く認め, C型は病変障害レベルが多椎間例に多く認める²⁰⁾。

6) 頸髄動脈像の術前・術後の検討, 及び成績

本症の67例中に術前・術後に本撮影法を施行した症例は38例で, 施行期間は術後1.5~2ヶ月間で, 術前と全く同様な手技, 撮影条件で行った。症例の年齢は35才から68才で平均49才, 性別は男性26名, 女性12名である。手術術式は Robinson 法3例, Cloward 法7例, Robinson 法+Cloward 法3例, 椎体垂全摘術15例, 椎管拡大術10例である。全症例を当教室の病型分類¹³⁾に従って検討すると第I型 (脊髄中心部) 2例, 第II型 (第1型+後側索部) 5例, 第III型 (第II型+前側索部) 31例である。

術前・術後の頸髄動脈像から本症を第1群から第5群に分類することが出来る²¹⁾ (Table 3)。

第1群: 術前に前根動脈と前脊髄動脈が造影されたA型, B型の症例の中で術後に前根動脈, 前脊髄動脈の改善を認めた例で, 術後に前脊髄動脈の上行枝, 下行枝の延長, 鮮明化を認めた症例は21例 (55%) で, その中で前根動脈の新たな出現, 鮮明化を認めた症例は10例である。これらの症例の年齢は35才~57才, 平均年齢46才であり, 病型は第1型1例, 第2型5例, 第3型15例である。手術術式は Robinson 法2例, Cloward 法4例, Robinson 法+Cloward 法2例, 椎体垂全摘術10例, 椎管拡大術3例で, 1椎間固定は6例 (C₄₋₅ 4例, C₅₋₆ 2例), 2椎間固定は1例 (C₅₋₆, C₆₋₇), 1椎体垂全摘は5例 (C₄ 1例, C₅ 2例, C₆ 2例), 2椎体垂全摘3椎間固定は5例 (C₃, C₄ 1例, C₄, C₅ 3例, C₅, C₆ 1例), 椎管拡大術は C₃~C₆ 1例, C₄~C₆ 1例, C₅~C₆ 1例である。術後成績を片岡の判定基準²⁴⁾によって評価すると秀7例 (33%), 優5例 (24%), 良9例 (43%) である。このような本症の第1群の症例は病変椎間が1~2椎間に及んでいることが多く, 術後に病変椎間にも前脊髄動脈が比較的鮮明に造影されるようになり, 術後の臨床症状が早期に改善する傾向にある。

第2群: 術前に前根動脈と前脊髄動脈が造影されたA型, B型の症例の中で術後に前根動脈, 前脊髄動脈の改善を認めない例で, これらの症例は4例で, 年齢は42才~59才, 平均年齢は51才である。病型は第1型1例, 第3型3例で, 手術術式は Robinson 法1例 (C₄₋₅, C₅₋₆), Cloward 法1例 (C₅₋₆, C₆₋₇), 椎体垂全摘術2例 (C₅, C₆) で, 術後成績は優1例, 良3例である。このように本症の頸髄動脈の改善を認めない第

Table 3. Selective arteriograms before and after operation in cervical osteochondrosis

(38 cases)

pre-ope. post-ope.		clear and prolong of A. S. A.	appearance of A. S. A.	appearance and clear of A.R.A.	not improve
A.S.A. + A.R.A.	1 group (21 cases)	21		10	
	2 group (4 cases)			4	
A.R.A.	3 group (5 cases)		5	5	
	4 group (4 cases)				4
not	5 group			3	1

2群は頸髄動脈像の改善を認めた第1群と比較して術後の臨床症状の改善がやや遅延する傾向にある。

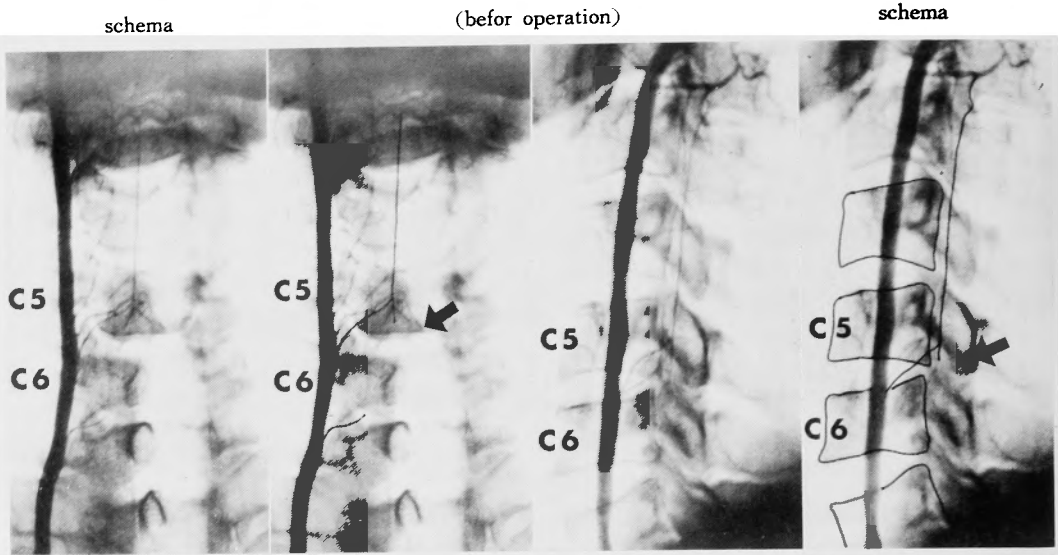
第3群：術前に前根動脈のみ造影されたC型の症例で、術前に前根動脈の鮮明化とともに前脊髄動脈が造影された例で、これらの症例は5例（13%）に認め、年齢は47才～66才、平均年齢は54才である。病型は全例第3型で、手術術式はCloward法1例（C₃₋₄）、椎体垂直全摘術1例（C_{3,4}）、Robinson法+椎体垂直全摘術1例（C₄₋₅, C₆）、椎管拡大術2例（C₃～C₆）で、術後成績は秀1例、優2例、良3例である。このようにC型でも頸髄動脈像の改善を認めた第3群は第1群と同様に臨床症状の改善を早期に認める傾向にある。

第4群：術前に前根動脈のみ造影されたC型の症例の中で術後に頸髄動脈像の改善を認めない例で、これらの症例は4例に認め、年齢は43才～61才、平均年齢は54才である。病型は全症例第3型で、手術術式はCloward法1例（C₄₋₅）、Robinson法+Cloward法1例（C₄₋₅, C₅₋₆）、椎管拡大術2例（C₃～C₆）で、術後成績は良4例である。このようにC型で頸髄動脈像の改善を認めない第4群は第3群と比較して術後の臨床症状の改善がやや遅延する傾向にある。

第5群：術前に前根動脈、前脊髄動脈とも造影されない4症例は術後に前根動脈の改善を認める症例もあるが一般的に不鮮明である。年齢は46才～58才、平均年齢は53才である。病型は全症例第3型で、手術術式は椎体垂直全摘術1例（C₅）、椎管拡大術3例（C₃～C₆）で、術後成績は良3例、可1例と第4群と同様に臨床症状の改善がやや遅延する傾向にある。

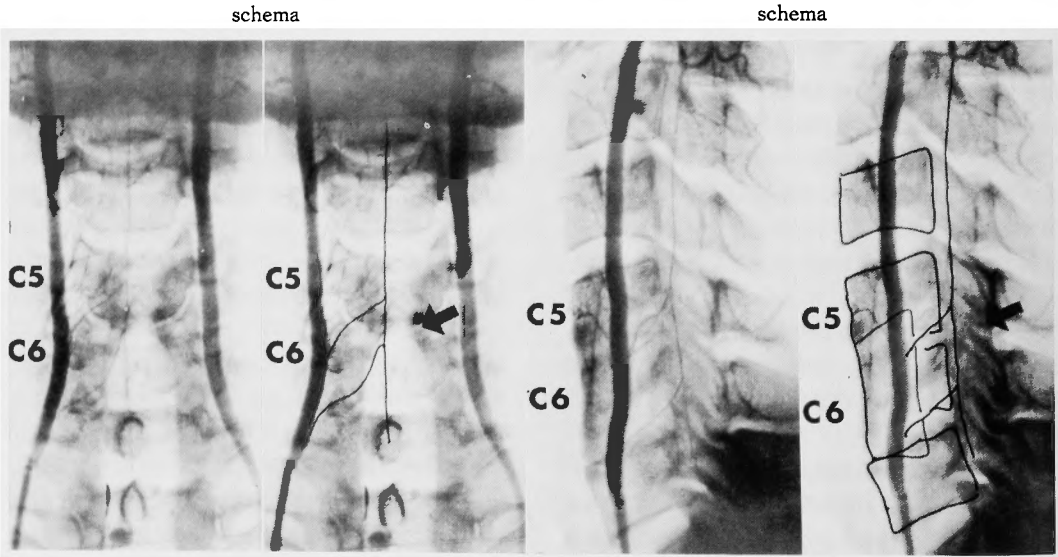
7) 代表症例

症例1. 浜福例, 35才, 男性, 職業: 会社員, 主訴: 手指運動障害, 歩行障害, 現病歴: 昭和51年3月頃から、誘因なく両手指のしびれ感を来し始め、2週間後から両手指のしびれ感、歩行障害を訴え始め、階段の昇降時手すりが必要となった為、発症2ヶ月後来院、入院した。神経学的所見: 両母指球、小指球、骨間筋に軽度の筋萎縮、手指巧緻運動障害を認め、下肢の痙性麻痺は著明で痙性歩行である。上肢の腱反射、膝蓋腱反射などはいずれも亢進し、Hoffmann反射、Babinski反射などの病的反射を認める。知覚障害は両側の手指、下腿から足背にかけて触覚、痛覚鈍麻を認める。脳脊髄液は水様透明で総蛋白量53mg/dl, Queckenstedt testは前屈、中間位でゆっくり上昇し、後屈位で全く上昇しない。筋電図は両前腕以下、指尖、両足まで放電数減少をとまなうlow voltageを認める。ミエログラフィーはC₅₋₆からC₆₋₇に完全欠損像を認める。以上の神経学的、ミエロなどの臨床所見から本症例の障害高位はC₅₋₆, C₆₋₇椎間と考えられる。症例1の術前の頸髄動脈像（Fig. 13）は右椎骨動脈からC₆, C₇の前根動脈を認め、C₆前根動脈は上行して前脊髄動脈となり、その上行枝は鮮明に造影されるが、下行枝はC₅₋₆椎間以下から途絶しており、C₅₋₆椎間以下に頸髄血行障害が及んでいることを示唆する。本症例にC₆椎体垂直全摘手術を施行し、術後50日目の頸髄動脈像（Fig. 14）はC₇前根動脈の鮮明化像とともに、前脊髄動脈はC₅₋₆, C₆₋₇椎間に鮮明化、延長化像を認める。本症例の術前・術後の頸髄動脈像からの病変障害高位はC₅₋₆, C₆₋₇と考えられ、これは臨床症状からの障害高位とも一致し、頸髄血行障



Complete interruption of the spinal artery at C₅₋₆

Fig. 13 Selective angiogram (case I) (Hamafuku case)



Good opacification is obtained down to the level of C₇

Fig. 14 Selective angiogram (case I) (Hamafuku case)
(after subtotal resection of C₆ body)

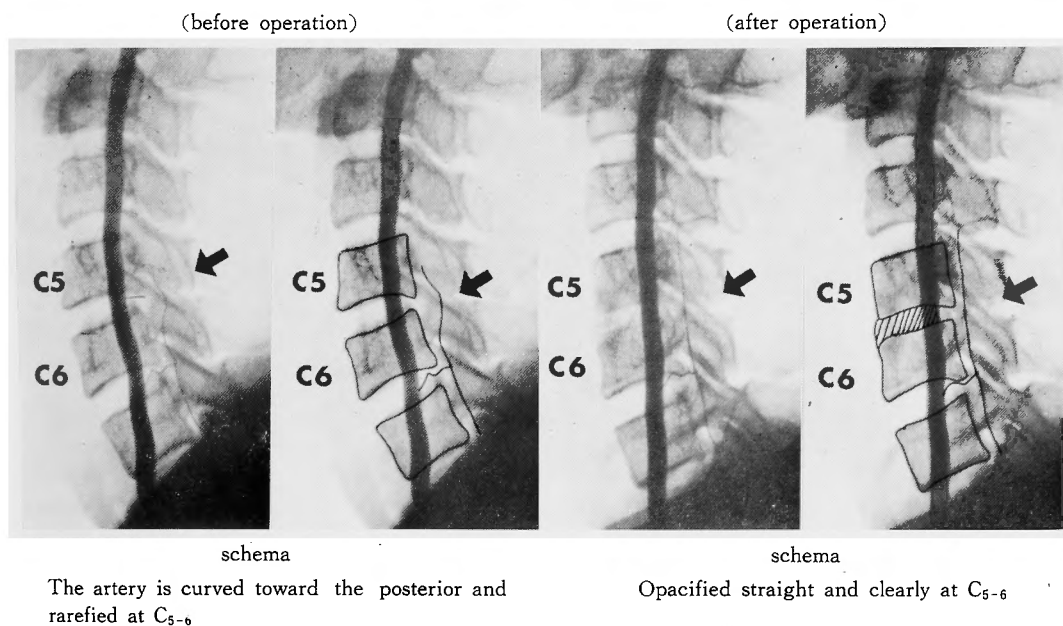
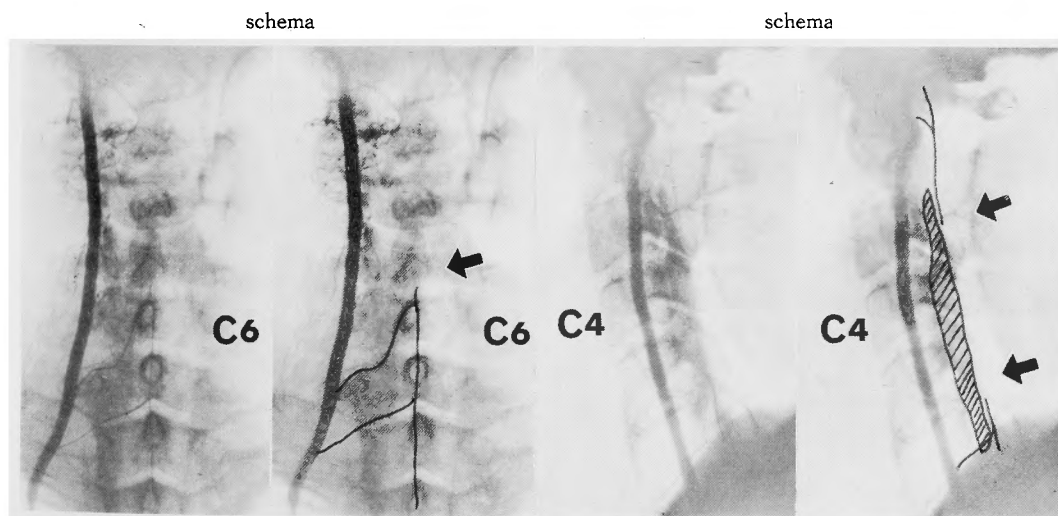


Fig. 15 Selective angiograms in disc herniation (Yamamoto case)



C6-7 C7-Th1 anterior radicular artery. Complete interruption of both the anterior spinal artery at C5-6 and the anterior spinal artery from basilar artery at C2-3. C3-C6 : O.P.L.L.

Fig. 16 Selective angiograms in patient with O.P.L.L. (Yokoyama case)

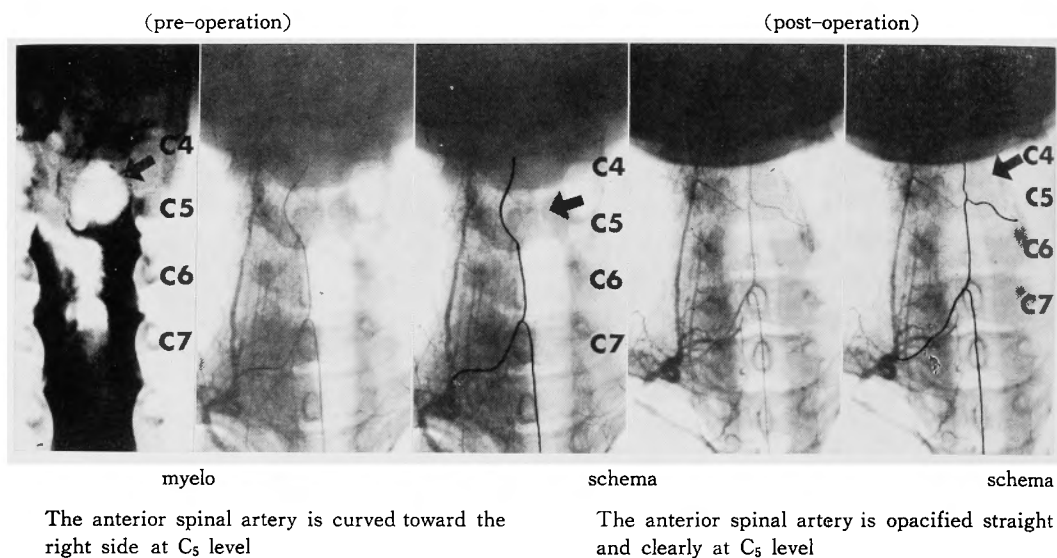


Fig. 17 Selective angiograms in cervical cord tumor (intradural extramedullar) (Yokota case)

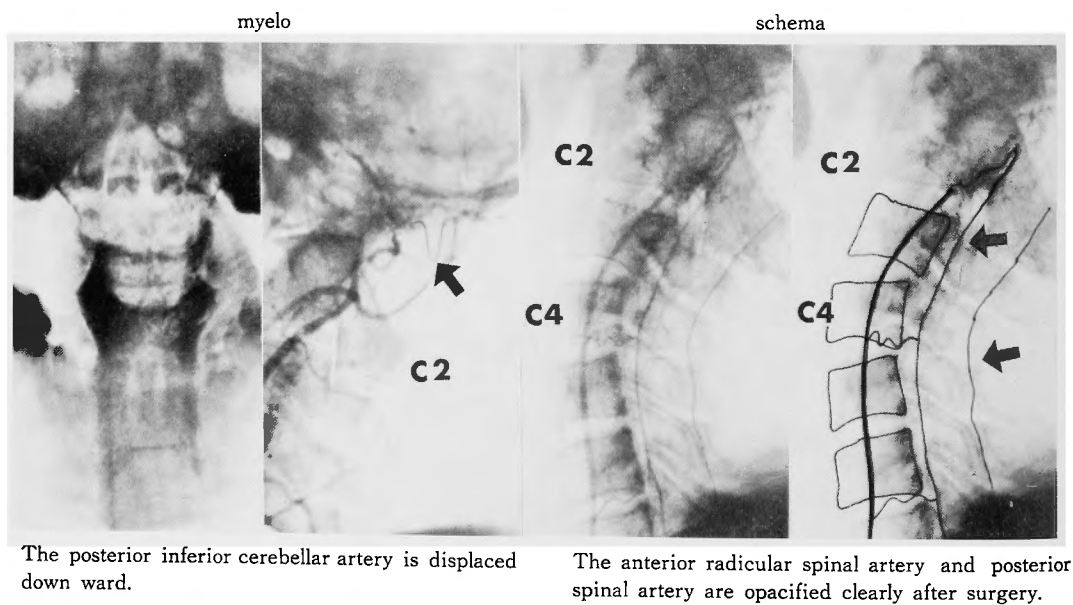


Fig. 18 Selective angiograms in Arnold-Chiari malformation (Ito case)

害は C₅₋₆ 以下に改善したことを示す。術後成績は日整会判定基準で術前12点から術後17点に改善し、片岡の判定基準²⁴⁾は優である。

V. その他の頸椎・頸髄疾患の 頸髄動脈像

1. 頸椎椎間板ヘルニア (脊髄症)

本症の頸髄動脈像は頸椎症性脊髄症と同様に障害椎間に異常像を示すが、ヘルニア脱出椎間で前脊髄動脈は前方からの圧迫迂回像を示しながら途絶、希薄化像を示す²²⁾。症例・山本例 (Fig. 15) は手術時 C₅₋₆ 椎間の硬膜外腔に脱出ヘルニアを認めた症例で、その頸髄動脈像は C₇ から前根動脈が造影され、前脊髄動脈の上行枝は C₅₋₆ 椎間で前方からの圧迫迂回像を示しながら希薄化、途絶している。術後の頸髄動脈像は C₅₋₆ 椎間で前脊髄動脈が直線化、鮮明化し、C₅₋₆ の頭側に延長化が認められ、C₅₋₆ の前方からの圧迫因子がなくなり、C₅₋₆ 椎間上位の頸髄血行障害が改善したことを示し、障害高位と頸椎症性変化の原因判定にも役立つ場合もある。

2. 頸椎後縦靱帯骨化

本症の頸髄動脈像は骨化の程度が強くなるに従い前脊髄動脈は造影されない傾向で、頸椎症性脊髄症に認められる前根動脈の蛇行像を認めない傾向にある。骨化の程度が強くない部位には前脊髄動脈が造影される場合があり、骨化の推移により漸次頸髄血行障害が進んでゆくことを示唆する²²⁾。症例・横山例 (Fig. 16) は C₃~C₇ に連続型の骨化を認めるが前脊髄動脈は C₂ レベルと C₅₋₆ 以下に造影され、頸髄血行障害は骨化範囲より狭く、C₃, C₄, C₅ に及んでいることを示し、C₃, C₄, C₅ が主な障害高位と考えられる。

3. 頸髄腫瘍 (硬膜内髄外腫瘍)

本症例の頸髄動脈像は比較的温存された形態を保ち、前脊髄動脈は腫瘍の圧迫部位で前後面の側方に圧迫された像を認め、側面では腹側または背側に圧迫された像を認め、腫瘍の存在部位、脊髄の圧迫の程度を適確に把握することが出来る。ミエロで腫瘍側の判定が困難な症例でも存在部位を良く判定出来、手術操作を容易に出来る場合もある²²⁾。症例・横田例 (Fig. 17) は右上行頸動脈から前根動脈が造影され、前脊髄動脈は第5頸椎部で右側に圧迫された像を認めるも鮮明に造影されて、腫瘍部が左側方に存在することを示し、術後の頸髄動脈像は前脊髄動脈の直線化と C₆, C₅ の前根動脈の鮮明化を認める。

4. Arnold-Chiari malformation

本例は脳底動脈循環障害を認めるも頸髄動脈像は非常に鮮明に造影される。症例・伊藤例 (Fig. 18) はミエロで C₂₋₃ 上位に陰影欠損像、右椎骨動脈から後下小脳動脈の下垂を認めるも左椎骨動脈から前根動脈、前脊髄動脈、後根動脈、後脊髄動脈が非常に鮮明に造影される。これは先天性小脳機能障害の代償として頸髄血行の発達をもたらしたと考えられ、頸髄動脈像から本症と頸髄症の鑑別に役立つ²²⁾。

VI. 考 察

1. 頸髄の血管分布の解剖と圧迫因子

脊髄血管系の解剖は Adamkiewicz¹⁾ (1822年), Kadyi²³⁾ (1889年) が脊髄の血管分布について詳細な研究を発表して以来, Tureen⁴⁷⁾, Suh and Alexander⁴³⁾, Bolton³¹⁾, Yoss⁵¹⁾, Corbiri⁴⁾, Neumayer³⁴⁾, Pisco³⁶⁾, Lazorthes²⁶⁾, Dommissse⁹⁾ らの脊髄の血管分布, 血行動態についての研究が見られ, 本邦においても宮地³³⁾, 万年²⁸⁾, 大友³⁵⁾らの優れた研究報告がみられる。これらの諸家の研究によれば頸髄の血管系, 特に頸髄動脈の血流に関与する血管は鎖骨下動脈に支配され, 上位頸髄部は椎骨動脈の脳底動脈起始部から前脊髄動脈が種々の型で分岐し, 中位, 下位頸髄部は椎骨動脈 (中には上行頸動脈, 深頸動脈, 最上肋間動脈) から前根動脈が分枝し, 前根に沿って頸髄表面に達して上行枝, 下行枝に分かれて頸髄前面の前正中裂溝を走る1本の前脊髄動脈に流入する。上位頸髄部と中位・下位頸髄部の前脊髄動脈は縦吻合によって1本になり, 脊髄内で中心動脈と脊髄表面をめぐる周辺動脈となる。中心動脈は中心灰白質を縦走しながら, 前角, 後角および後角基部, それにこれらの灰白質に接する前側索の深部の白質に流入しており, 前脊髄動脈は脊髄の横断面の腹側の脊髄から脊髄の領域を支配している。そのため著者は脊髄血管系の解剖を基盤として頸髄部の前根動脈, 前脊髄動脈の脊柱管内の圧迫因子は ①正中への椎間板, 後棘, 後縦靱帯骨化等の突出, ②椎間孔から脊柱管内での椎間板, 後棘等の突出, ③, ④頸髄の側方, 背側からの腫瘍, 黄色靱帯等から圧迫を受けれる場合があると考え^{22,30,41)} (Fig. 19)。そのため前根動脈, 前脊髄動脈をX線学的, 形態学的に追求可能な選択的頸髄動脈撮影は頸椎・頸髄疾患の病態解明, 診断に意義があると考え。

2. 選択的脊髄動脈撮影法に関して

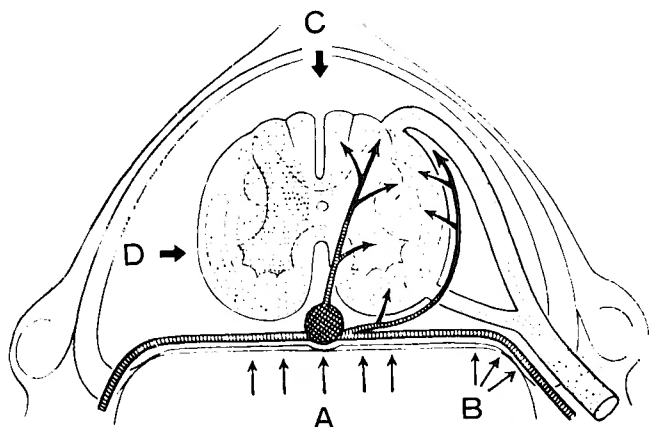


Fig. 19 Diagram showing the level of arterial compression due to disorders of the cervical spine and cervical cord.

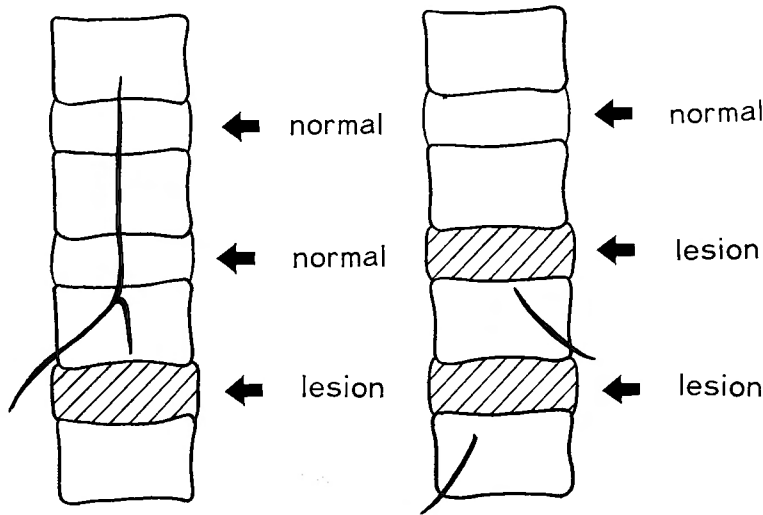
今日までの脊髓血管造影法の報告は Tarlov⁴⁵⁾ が手術中に脊髓硬膜外の hemangioblastoma の血管造影を初めて報告して以来、Rand³⁷⁾ が腹部大動脈撮影で胸腰髄部の動・静脈奇形を造影し、Henson & Croft¹⁵⁾ が椎骨動脈撮影で頸髄部の動・静脈奇形の造影に成功している。Schechter³⁹⁾ は直接穿刺法による椎骨動脈撮影で50%の前脊髓動脈を造影したと報告しているが、脊髓血管造影は脊髓血管奇形以外の疾患には重要視されなかった。しかしながら、これらの報告が契機となり、Djindjian⁷⁾、Doppman & Di Chiro¹⁰⁾ らによって脊髓血管造影の研究が積極的に行なわれ、脊髓血管の解剖的知識に基づき、血管カテーテルを選択的に鎖骨下動脈の分枝、肋間動脈、腰動脈に挿入して少量の造影剤でより安全、明瞭に脊髓血管系を造影出来る選択的脊髓血管造影法が臨床的に有力なる診断法として確立され始め、Doppman & Di Chiro¹¹⁾、Djindjian⁸⁾ により次々と選択的脊髓血管造影の技術的進歩が報告され、脊椎・脊髓疾患、特に脊髓血管奇形に対する診断的、手術的に重要な価値を持つようになってきた。本邦では柴崎⁴²⁾、福島¹²⁾、万年³¹⁾ により本法の手法、適応等が報告され始め、脊椎・脊髓疾患の脊髓血行動態検索の一手段として重要な補助診断法になり得ることを示唆している。又米沢⁴⁸⁾ は脊椎・脊髓疾患に本法を積極的に施行して、その病態把握と診断的価値について報告している。

選択的脊髓動脈撮影方法は原則として大腿動脈経由の Seldinger 法⁴⁰⁾ で行っており、カテーテルの種類は研究^{11, 32, 37, 46)} により従々で、Gensini percutaneous

catheter, Becton-Dickinson, Müller guide control, KIFA 製 red catheter を使用している。著者は選択的頸髄動脈撮影においては頸椎・頸髄疾患、特に頸部脊椎骨軟骨症例には比較的高令者が多く、動脈内膜の損傷防止や動脈硬化性による大動弓の変形のため腕頭動脈から右鎖骨下動脈内へのカテーテル操作が困難な症例もみられるのでカテーテルを自由に操作出来る MEDI-TECH Selector catheter system の remote control catheter を使用している。著者は過去の脊髓動脈撮影に関する報告中、記載の少ない頸部脊椎骨軟骨症(脊髄症)を中心とし、これに頸椎・頸髄疾患を加えた症例に選択的頸髄動脈撮影を施行し、その頸髄動脈像を臨床所見とを比較検討した。

3. 頸部脊椎骨軟骨症(脊髄症)の造影所見に関して

頸部脊椎骨軟骨症(脊髄症)の頸髄動脈所見では、前根動脈所見として椎間孔部で欠損、途絶、狭小、蛇行像を認める傾向にある。Taylor⁴⁶⁾ は cervical spondylotic myelopathy は主流根動脈が椎間孔部の骨棘か、軟骨様組織で圧迫を受けるとし、神経根動脈を重要視し、主流根動脈が閉塞すれば虚血性の脊髄障害をおこすと述べている。しかし著者の選択的頸髄動脈撮影から本症の67例中42例(63%)に主流前根動脈による前脊髓動脈が造影され、途絶像16例(24%)、欠損像9例(13%)であり、必ずしも本症の全例が前根動脈の閉塞による虚血性脊髄障害とも考えられない。前根動脈の重要性について万年³⁰⁾ は頸部脊椎症の頸髄に起こる循環障害は突出した椎間板、あるいは骨棘による圧



Good opacification at normal level (Better results are expected.)

The anterior spinal artery is not visualized even in normal level.

Fig. 20 Angiographic Appearances and the Clinical Results

迫によって起こることも一因と考え、前根動脈が脊髄の栄養補給にきわめて重要な役割を占めるので、頸髄に達する2～3本の前根動脈のうち1～2本が椎間孔の変化によって圧迫を受け、血行不全を起こすならば、頸髄の受ける循環障害は相当大なるものがあると推測し、本症での根動脈の動態の観察は大きな問題であると述べている。米沢⁵⁰⁾は著者と同様な選択的頸髄動脈撮影法から下位頸髄を支配する主流前根動脈の分布高位はC₆、C₅、C₄椎間高位であり、これは頸椎症性変化の頻度の高い部位と一致することより、本症における主流前根動脈の循環障害のもつ役割は大きいと報告している。著者は本症の術前・術後の本撮影法の造影所見から術後に前根動脈の出現、鮮明化像等の改善傾向を認めた症例が38例中14例あり、これらの症例はいずれも術後の臨床症状の回復傾向が良いことから本症の前根動脈の血行循環動態の検討は重要な意味を持つと考える。

次に本症の前脊髄動脈の造影所見は骨棘形成、椎間板狭小等の頸椎症性変化のある障害病変椎間、または病変椎間近位で前脊髄動脈の途絶、狭小、圧迫迂回像等を67症例中42例(63%)、前脊髄動脈の欠損像を67症例中25例(37%)に認めており、前脊髄動脈の上行枝、下行枝の異常像から頸髄血行障害の程度、範囲、方向等が示唆される。Mair & Druckman²⁷⁾は本症の

病理学的検索から椎間板組織、骨棘の突出により、前脊髄動脈、周辺動脈等が圧迫を受けると述べ、Djindjian⁸⁾は本撮影法を少数例の頸椎部アテローム変性疾患、椎間板障害に行ない、前根動脈、前脊髄動脈の閉塞、狭窄所見を認めた報告をしているが詳細な検索は行っていない。福島¹²⁾は前脊髄動脈の閉塞症と思われる症例に本撮影法を行い、明らかな所見は得られなかったが今後脊髄動脈系の閉塞、狭窄による硬塞、あるいは乏血状態の臨床的診断には本撮影法が有力なる武器になることを示唆している。Di Chiro^{5,6)}は脊髄閉塞性血管障害に本撮影法を行い、少数例に臨床所見と対応する所見を得、cervical spondylotic myelopathyに前脊髄動脈の後方への圧迫像を認めた症例を報告している。米沢⁵⁰⁾は本撮影法をより詳細に検討しており、本症の頸髄動脈像は前脊髄動脈の不完全像と不出現像が多く、障害程度と比例していることより、本症での脊髄循環障害の関与性を強調している。

次に本症の頸髄動脈像と臨床所見との関係に関する研究はほとんどなく、著者の検討によれば、発症から入院まで期間が短いほど、重症度に関係なく、頸髄動脈像は病変障害部以外に比較的鮮明に造影され、一方罹病期間が長期間ほど頸髄動脈像の造影傾向が低い傾向にある。

ミエロとの関係はミエロの通過障害の程度に比例し

て頸髓動脈像の異常所見が認められ、ミエロ等との障害高位の一致率は63%認められ、本撮影法の本症の病変障害高位診断における有用性をも示唆している。

術前・術後の頸髓動脈像との関係は術前、病変障害高位以外に前根動脈、前脊髄動脈が鮮明に造影された症例や術後に前根動脈、前脊髄動脈の改善傾向を認めた症例は術後の臨床症状の改善を早期に認める傾向にあり、術前の重症度の程度が強くても予後良好であると考えられ、頸髓動脈像の術前・術後の検討により、病変椎間高位、重症度等の診断的価値、予後判定等を検索することが出来る (Fig. 20)。

Ⅶ. 結 論

1. 選択的頸髓動脈撮影法は選択的にカテーテルを椎骨動脈、肋頸動脈、甲狀頸動脈に挿入し、個々の最高のX線条件下に撮影することにより、従来、造影困難であった頸髄部の前根動脈、前脊髄動脈の描写が可能となった。

2. 頸部脊椎骨軟骨症 (脊髄症) における頸髓動脈の異常所見として、前根動脈の椎間孔内での途絶、狭小、蛇行像等と前脊髄動脈の病変椎間レベルでの希薄化、狭小、途絶、圧迫迂回像等を認める傾向にある。

3. 頸部脊椎骨軟骨症 (脊髄症) の前根動脈、前脊髄動脈から病変障害高位と頸髓血行障害の拡がりを見出す点において本撮影法の診断的価値は高い。

4. 術後の頸髓動脈像の改善傾向が良い症例は早期に臨床症状の改善を認め、改善傾向の悪い症例は臨床症状の改善が遅延する傾向にあり、本撮影法は予後についても1つの示唆を与える検査法である。

5. 頸椎椎間板ヘルニア、頸椎後縦靱帯骨化、頸髄腫瘍、Arnold-Chiari malformation に本撮影法を行ったが、おのおの特有の頸髓動脈像の変化を認め、脊椎管内病変の診断に有意義であることを示している。

稿を終るに臨み、本論文に対し終始ご懇切なるご指導、ご鞭撻いただき、ご校閲を賜った恩師服部奨教授に、深甚なる感謝の意を表します。本研究遂行にあたり種々ご協力いただいた当教室各位に厚くお礼申し上げます。

(本論文の要旨は第49回、50回、51回日本整形外科学会総会、第49回中部日本整形外科学会、第50回西日本整形外科学会において発表した。)

文 献

1) Adamkiewicz A. Die Blutgefäße des menschlichen Rückenmarkes. I Teil. Die Gefäße der Rückenmarkssubstanz. Wien 84 : 469-562, 1882.

2) Bloch S, et al : Angiographic evaluation of the vertebral artery with special reference to its cervical portion. SA mediese tydskrif 23 : 170-175, 1977.

3) Bolton B. Blood supply of human spinal cord. J Neurol Psychiat 2 : 137-148, 1939.

4) Corbin JL. Anatomie et pathologie artérielles de la moelle. Paris. Masson et Cie. 1961.

5) Di Chiro G, et al : Angiography of obstructive vascular disease of the spinal cord. Radiology 100 : 607-614, 1971.

6) Di Chiro G, et al : Angiography of the spinal cord. A review of contemporary techniques and applications. J Neurosurg 39 : 1-29, 1973.

7) Djindjian R, et al : Étude angiographique d'un angiome intrarachidien. Rev Neurol 106 : 278-285, 1962.

8) Djindjian R, et al : Angiography of the spinal cord. Paris Masson 1970.

9) Dommissse GF : The arteries and veins of the human spinal cord from birth. Churchill Livingstone, Edinburgh, London and New York 1975.

10) Doppman J, et al : Subtraction-angiography of spinal cord vascular malformations. report of a case. J Neurosurg. 23 : 440-443, 1965.

11) Doppman J, et al : Selective arteriography of the spinal cord. St. Louis. Warren H. Green 1969.

12) 福島孝徳, 他 : 選択的脊髄血管撮影. 神経進歩 18 : 109-122, 1974.

13) 服部 奨, 他 : 頸部脊椎症性ミエロパチーの病態と病型. 臨整外 10 : 990-998, 1975.

14) 服部 奨 : 頸肩腕症候群の概念と治療. 現代外科学大系 77D : 205-257, 中山書店, 1977.

15) Henson RA, et al : Spontaneous spinal subarachnoid haemorrhage. Q J Med 25 : 53-66, 1956.

16) Hughes JT, et al : Cervical spondylosis complicated by anterior spinal artery thrombosis. Neurology 14 : 1073-1077, 1964.

17) Hughes JT : Pathology of the spinal cord. Lloyd-Luke. London 1978.

18) Hutchinson EC, et al : The cervical portion of the vertebral artery, a clinico-pathological study. Brain 79 : 319-331, 1956.

19) 磯部輝雄, 服部 奨, 他 : 頸椎・頸髄疾患における脊髄動脈撮影の経験. 整形外科と災害外科 25 : 9-12, 1976.

20) 磯部輝雄, 服部 奨, 他 : 頸部脊椎骨軟骨症の脊髄動脈・根動脈撮影像と臨床所見との関係. 日整会誌 50 : 884-885, 1976.

21) 磯部輝雄, 服部 奨, 他 : 頸部脊椎骨軟骨症の脊髄動脈・根動脈の術前後の検討. 日整会誌 51 : 822-823, 1977.

22) 磯部輝雄, 服部奨, 他 : 脊椎・脊髄疾患の臨床所

- 見と脊髄動脈・根動脈との関係. 日整会誌 52 : 1279-1281, 1978.
- 23) Kadyi H : Über die Blutgefäße des menschlichen Rückenmarkes. Anat Anz 1 : 304-314, 1886.
- 24) 片岡 治, 他 : 頸椎症性 radiculo-myelopathy の手術成績評価法について. 整形外科 24 : 1-7, 1973.
- 25) 加藤静雄 : 頸髄外傷. 一脊髄循環との関連—. 東京, 中外医学社, 1970.
- 26) Lazorthes G, et al : Arterial vasculature of the spinal cord. Recent studies of the anastomotic substitution pathways. J Neurosurg 35 : 253-261, 1971.
- 27) Mair WGP and Druckman R : The pathology of spinal cord lesions and their relation to the clinical features in protrusion of cervical intervertebral disc. a report of four cases. Brain 76 : 70-95, 1953.
- 28) 万年 甫, 他 : 脊髄血管の解剖. —その史的展望—. 臨床神経 7 : 380-395, 1967.
- 29) 万年 徹 : 老年者における脊髄性障害に関する研究. —臨床病理学的考察—. 臨床神経 3 : 47-63, 1963.
- 30) 万年 徹 : 頸部脊椎症の基礎的知識. —脊髄の血行を中心として—. 整形外科 23 : 424-427, 1972.
- 31) 万年 徹 : 脊髄血管造影. 内科 31 : 249-254, 1973.
- 32) Mikaelsson CG : Polythene catheter of new shape for percutaneous selective catheterization. Acta Radiol 3 : 581-591, 1965.
- 33) 宮地利彦 : 日本人脊髄ノ血管系ニ就テ. 第1篇 日本人ノ脊髄動脈ニ就テ. 東京医学会誌 45 : 1727-1753, 1931.
- 34) Neumayer E : Die vasculäre Myelopathie. Wien Springer, 1967.
- 35) 大友英一 : 脊髄の血行動態. 臨床神経 7 : 410-423, 1967.
- 36) Pisco K : Die Blutversorgung des Rückenmarks und ihre klinische Relevanz. Berlin Springer 1972.
- 37) Rand RW, et al : Intraspinal tumors of childhood. Springfield Charles C Thomas 1960.
- 38) Rander S : Vertebral angiography by catheterization. A new method employed in 221 cases. Acta Radiol 87 : 134-138, 1951.
- 39) Schechter MM : Total vertebral arteriography using a single vertebral puncture technique. J Neurosurg 18 : 74-78, 1961.
- 40) Seldinger SI : Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography. Acta Radiol 39 : 368-376, 1953.
- 41) Séze S, et al : A propos d'un cas d'angiomatose métamérique cutané-vertébro-médullaire. Rev Rhumat 9 : 455-460, 1966.
- 42) 柴崎啓一 : 脊髄動脈造影法. —選択的脊髄動脈造影法の手技を中心として—. 臨整外 6 : 1018-1028, 1971.
- 43) Suh TH, Alexander L : Vascular system of human spinal cord. Arch Neurol Psychiat 41 : 659-677, 1939.
- 44) 高山 勝 : 変形性頸椎症の血管系に関する研究. —主として椎骨動脈を中心として—. 日整会誌 48 : 13-26, 1974.
- 45) Tarlov IM : Spinal extradural hemangioblastoma roentgenographically visualized with Diodrast at operation and successfully removed. Radiology 49 : 717-722, 1947.
- 46) Taylor AR : Vascular factor in the myelopathy associated with cervical spondylosis. Neurology 14 : 62-68, 1964.
- 47) Tureen LL : Effect of experimental temporary vascular occlusion on the spinal cord. I. Correlation between structure and functional changes. Arch Neurol Psychiat 35 : 789-807, 1936.
- 48) Turnbull LM, et al : Blood supply of cervical spinal cord in man. A microangiographic cadaver study. J Neurosurg 24 : 951-965, 1966.
- 49) 米澤元實, 他 : 頸部脊髄動脈造影. —手技と読影—, あすへの整形外科展望 '73~'74 : 122-140, 金原出版, 1974.
- 50) 米澤元實, 他 : 頸髄動脈造影 : 頸椎症の臨床. 整形外科 6 : 131-141, 金原出版, 1979.
- 51) Yoss RE : Vascular supply of the spinal cord. The production of vascular syndromes. Univ Mich med Bull 16 : 333-345, 1950.